

OPTIMASI KAPASITAS PERSIMPANGAN BERSINYAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE IHCM 1997 (STUDI KASUS PERSIMPANGAN JL.P.TENDEAN–JL.SAM RATULANGI MANADO)

Dito Made Putranto R. S

L.I R. Lefrandt, J.A. Timboeleng, Lintong E.

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email:dito_mpsibannang@gmail.com

ABSTRAK

Bagian jalan yang sering mengalami kemacetan adalah persimpangan sebidang seperti persimpangan Jalan Piere Tendean Boulevard – Jalan Sam Ratulangi yang merupakan persimpangan dengan kondisi lingkungan komersil serta sangat dekat dengan pusat kota (zero point). Kondisi ini mengakibatkan banyaknya kendaraan yang melakukan gerakan crossing pada persimpangan ini. Salah satu sistem yang dapat membantu mengatasi masalah ini yaitu dengan pengendalian arus lalu lintas dengan menggunakan signal lalu lintas.

Tulisan ini berisi observasi dan penelitian tentang arus lalu lintas serta analisa tingkat pelayanan pada persimpangan bersinyal Jalan Piere Tendean Boulevard – Jalan Sam Ratulangi dengan metode IHCM 1997. Metode ini juga menganalisa beberapa pola gerakan alternatif pengontrolan yang memberikan hasil optimum diusulkan untuk dapat digunakan sebagai kemungkinan pengganti pengontrolan yang ada sekarang ini.

Hasil analisa menunjukkan bahwa persimpangan Jalan Piere Tendean Boulevard – Jalan Sam Ratulangi memiliki 4 jam puncak dan total tundaan rata-rata dan tingkat pelayanan yang berbeda setiap jam puncaknya. Pada pukul 07.00-08.00 persimpangan memiliki total tundaan rata-rata 27,11 detik; pukul 09.00-10.00 dengan total tundaan rata-rata 29,06 detik; pukul 12.30-13.30 dengan total tundaan rata-rata 34,13 detik dan pukul 16.30-17.30 dengan total tundaan rata-rata 39,59 detik. Hasil analisa beberapa pola gerakan alternatif didapatkan yang terbaik yaitu pada pukul 07.00-08.00 persimpangan memiliki total tundaan rata-rata 14,60 detik; pukul 09.00-10.00 dengan total tundaan rata-rata 17,61 detik; pukul 12.30-13.30 dengan total tundaan rata-rata 20,76 detik dan pukul 16.30-17.30 dengan total tundaan rata-rata 28,53 detik.

Kata kunci : persimpangan bersinyal, arus lalu lintas, tingkat pelayanan, pola gerakan alternatif

PENDAHULUAN

Kota Manado merupakan salah satu dari sekian banyak kota besar di Indonesia yang ditandai dengan jumlah penduduk sekitar 484.863 jiwa. Manado merupakan kota yang memiliki tingkat perekonomian yang baik dan ditunjang oleh sarana dan prasarana yang baik pula, maka distribusi pergerakan juga mengalami perkembangan yang cukup signifikan sejalan dengan pertumbuhan jumlah kendaraan yang terdaftar hingga bulan april 2012 telah mencapai angka 634.000 unit

Jumlah kendaraan yang sangat banyak tersebut akan memberikan dampak yang sangat besar bagi kelancaran arus lalu lintas terlebih lagi jika kendaraan-kendaraan tersebut hendak melakukan pergerakan ke arah pusat kota. Jika hal tersebut dibiarkan begitu saja maka akan mengakibatkan terjadinya

kemacetan, antrian atau tundaan serta kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas yang dapat mengganggu kelancaran dan kenyamanan berkendara. Dampak-dampak tersebut akan sangat terlihat pada daerah-daerah persimpangan jalan, seperti pada persimpangan Jl. Piere Tendean Boulevard-Jl. Sam Ratulangi (Belakang Multi Mart 45) Manado. Persimpangan ini merupakan salah satu simpang yang memiliki banyak gerakan memotong (*crossing*), karena menjadi titik pertemuan antara kendaraan yang berasal dari Jl. Sam Ratulangi ke arah Pelabuhan Manado, kendaraan dari kawasan Boulevard yang merupakan area bisnis kota Manado dan kendaraan yang berasal dari Pelabuhan Manado.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk menganalisis kapasitas beserta kinerja persimpangan pada kondisi operasional.
2. Mencari alternatif lain dalam pengelolaan persimpangan seperti pengoperasian lampu lalu lintas dan pola pergerakan lalu lintas yang memberikan kapasitas maksimum menurut analisa kapasitas simpang.

Manfaat Penelitian

Sebagai masukan dan bahan pertimbangan dalam hal penetapan pemasangan rambu-rambu lalu lintas pada daerah persimpangan tersebut. Dapat meningkatkan keamanan dan kenyamanan para pengguna jalan yang melalui persimpangan.

Batasan masalah

Untuk memudahkan pembahasan maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi yang ditinjau adalah persimpangan Jl. Piere Tendean Boulevard - Jl. Sam Ratulangi (Belakang Multi Mart 45).
2. Variabel yang ditinjau adalah:
 - a. Arus lalu lintas
 - b. Kapasitas dan derajat kejenuhan
 - c. Tundaan rata-rata
 - d. Tingkat Pelayanan Simpang
 - e. Jenis kendaraan yang dijadikan bahan penelitian adalah meliputi kendaraan berat (bus, truck dan kendaraan lainnya), kendaraan ringan (mobil, taxi, angkot, dan kendaraan ringan lainnya), kendaraan roda dua bermotor maupun tak bermotor (sepeda, bendi, gerobak, dan kendaraan tak bermotor lainnya).
 - f. Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 3 hari dalam satu minggu, dilakukan pada hari senin, kamis, sabtu dengan mengambil jam-jam yang diperkirakan terjadi jam-jam puncak yaitu pukul 07.00-10.00, 12.00-14.00, dan 16.00-19.00.
 - g. Metode analisa kapasitas simpang mengacu pada HCM 1997 dan analisa tingkat pelayanan mengacu pada HCM 1985.

TINJAUAN PUSTAKA

Simpang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari jaringan jalan. Di daerah

perkotaan biasanya banyak memiliki simpang, dimana pengemudi harus memutuskan untuk berjalan lurus atau berbelok dan pindah jalan untuk mencapai satu tujuan.

Pada dasarnya ada empat jenis pertemuan gerakan lalu lintas yang dapat menimbulkan konflik antara lain:

1. *Crossing* (Memotong), perpotongan arus kendaraan yang merupakan konflik utama.
2. *Diverging* (Memisah/Menyebar), memisahkan arus lalu lintas
3. *Merging/Converging* (Menyatu/Bergabung), mengumpulkan arus lalu lintas dari beberapa ruas jalan.
4. *Weaving* (Jalinan / Anyaman).

Simpang bersinyal didefinisikan sebagai persimpangan jalan yang pergerakan arus lalu lintas dari setiap pendekatnya di atur oleh lampu sinyal untuk melewati persimpangan secara bergilir. Maksud dari penggunaan sinyal lalu lintas adalah untuk memisahkan lintasan dari gerakan-gerakan lalu lintas yang datang dari berbagai arah yang saling berpotongan.

Sinyalisasi pada persimpangan jalan di Indonesia umumnya menggunakan tiga warna utama, yaitu:

- Merah : Kendaraan pada fase ini tidak diperkenankan untuk bergerak/jalan
- Kuning : Kendaraan jika masih memungkinkan diperkenankan jalan dan segera mengosongkan persimpangan
- Hijau : arus lalu lintas pada fase ini diperkenankan untuk bergerak/jalan

Kapasitas dan volume pelayanan dari suatu persimpangan bersinyal tergantung pada:

1. Keadaan geometrik persimpangan
2. Operasi dari lalu lintas
3. Faktor lalu lintas

Intergreen time dan Lost Time

Titik konflik kritis pada masing-masing fase adalah titik yang menghasilkan merah semua terbesar yang diperoleh dengan persamaan :

$$Merah\ semua_i = \left[\frac{LEV - IEV}{VEV} - \frac{LAV}{VAV} \right] J_{max} \quad (1)$$

Apabila periode merah semua untuk masing-masing akhir fase telah ditetapkan, waktu hilang (L_{TI}) untuk simpang dapat

dihitung sebagai jumlah dari waktu-waktu antar hijau sebagai berikut :

$$LTI = \Sigma(All\ Red + Yellow)_i = \Sigma IGI(2)$$

Tabel 1 Nilai Default IG (Intergreen Time)

Intersection size	Mean road width	Intergreen time default values
Small	6 – 9 m	4 sec /phase
Medium	10 – 14 m	5 sec /phase
Large	≥ 15 m	≥ 6 sec /phase

Sumber : Indonesian Highway Capacity Manual 1997
hal. 2-21

Arus Jenuh

Arus jenuh (S) dapat dinyatakan sebagai hasil perkalian dari arus jenuh dasar (S₀) untuk standard, dengan faktor penyesuaian (F) untuk penyimpangan dari kondisi sebenarnya, dari suatu kumpulan kondisi-kondisi (ideal) yang telah ditetapkan sebelumnya. Arus jenuh diformulasikan sebagai berikut :

$$S = S_0 \times F_{CS} \times F_{SF} \times F_G \times F_P \times F_{RT} \times F_{LT} \quad (3)$$

dengan:

- Arus Jenuh Dasar (S₀) = 600 x We
- Faktor Penyesuaian Ukuran Kota (F_{CS})
- Faktor Koreksi Hambatan Sampling (F_{SF})
- Faktor Koreksi Gradien (F_G)
- Faktor Koreksi Untuk Parkir (F_P)

$$F_P = [L_P/3 - (W_A - 2) \times (L_P/3 - g)/W_A]/g \quad (4)$$

- Faktor Koreksi Arus Belok Kanan (F_{RT})

$$F_{RT} = 1,0 + P_{RT} \times 0,26 \quad (5)$$

- Faktor Koreksi Arus Belok Kanan (F_{RT})

$$F_{RT} = 1,0 - P_{LT} \times 0,16 \quad (6)$$

Rasio Arus / Rasio Arus Jenuh

- Rasio Arus (FR) = Q / S
- Rasio Arus Simpang (IFR) = $\Sigma(FR_{crit})$
- Rasio Fase (PR) = FR_{crit} / IFR

Waktu Siklus dan Waktu Hijau

Waktu siklus sebelum penyesuaian (C_{ua}) untuk pengendalian waktu tetap.

$$C_{ua} = \frac{(1,5 \times LTI + 5)}{(1 - IFR)} (\text{detik}) \quad (7)$$

Waktu hijau (g) untuk masing-masing fase:

$$g_i = (C_{ua} - LTI) \times PR_i \quad (8)$$

Waktu siklus yang disesuaikan (c) berdasar pada waktu hijau yang diperoleh dan telah dibulatkan dan waktu hilang (LTI).

$$c = \Sigma g_i + LTI (\text{detik}) \quad (9)$$

Kapasitas dan Derajat Kejenuhan

Kapasitas (C) dari masing-masing suatu pendekat simpang bersinyal dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$C = S \times \frac{g}{c} \quad (10)$$

Derajat kejenuhan (DS) dari masing-masing approach adalah:

$$DS = Q / C \quad (11)$$

Panjang Antrian

Untuk menghitung jumlah antrian (NQ₁) adalah:

Untuk DS > 0,5:

$$NQ_1 = 0,25 \times C \times [(D_s - 1) + \sqrt{(D_s - 1)^2 + \frac{(8 \times (D_s - 0,5))}{c}}] \quad (12)$$

$$\text{Untuk } DS \leq 0,5 ; NQ_1 = 0 \quad (13)$$

Untuk Jumlah antrian yang datang selama fase merah (NQ₂) adalah:

$$NQ_2 = c \times \frac{1 - GR}{(1 - GR) \times D_s} \times \frac{Q}{3600} \quad (14)$$

Untuk mendapatkan jumlah kendaraan antri :

$$NQ = NQ_1 + NQ_2 \quad (15)$$

Untuk Panjang antrian (QL):

$$QL = NQ_{Max} \times \frac{20}{W_{masuk}} \quad (16)$$

Kendaraan Terhenti

Untuk perhitungan laju henti (NS) adalah:

$$NS = 0,9 \times [NQ / (Q \times c)] \times 3600 \quad (17)$$

Perhitungan Jumlah Kendaraan terhenti (Nsv)

$$Nsv = Q \times NS \quad (\text{smp/jam}) \quad (18)$$

Perhitungan Laju henti rata-rata

$$N_{stot} = \sum N_{sv} / Q_{tot} \quad (19)$$

Tundaan

Untuk Perhitungan tundaan lalu lintas rata-rata adalah:

$$DT_j = c \times A + \frac{NQ1 \times 3600}{c} \text{ (detik/smp)} \quad (20)$$

Tundaan Geometri Rata-rata:

$$DG_j = (1 - P_{sv}) \times PT \times 6 + (P_{sv} \times 4) \quad (21)$$

Tundaan Rata-rata suatu approach

$$D = DT + DG \text{ (detik/smp)} \quad (22)$$

Tundaan Rata-rata di seluruh simpang

$$D_i = \sum (Q \times D) / Q_{tot} \text{ (detik/smp)} \quad (23)$$

Tabel 2. Hubungan antara tingkat pelayanan dan tundaan henti rata-rata

Tingkat Pelayanan	Tundaan henti rata-rata (detik/kend)
A	$\leq 5,0$
B	5,1 – 15,0
C	15,1 – 25,0
D	25,1 – 40,0
E	40,1 – 60,0
F	$> 60,0$

Sumber : Highway Capacity Manual 1985

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada sistematika penulisan deskriptif atau metode analitik. Dalam hal ini penulisan dilakukan berdasarkan studi kasus, yaitu pusat perhatian diutamakan pada suatu kasus secara intensif dan mendetail dimana subjek yang diteliti terdiri dari satu unit atau satu kesatuan unit yang dipandang sebagai suatu kasus.

Proses pengumpulan data di lapangan dilakukan dengan cara observasi langsung, dengan beberapa orang surveyor yang melakukan pendataan atau perhitungan terhadap jumlah arus kendaraan lewat, berdasarkan klasifikasi kendaraan pada jam-jam sibuk pada pagi, siang dan sore hari selama tiga hari survey dalam satu minggu, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data.

Persimpangan jalan Piere Tendean dan jalan Sam Ratulangi dipilih menjadi lokasi penelitian didasarkan pada :

- Lokasi simpang memiliki aliran arus lalu lintas yang tinggi
- Lokasi simpang sangat dekat dengan gangguan samping seperti tempat perbelanjaan Multi Mart, sehingga kendaraan angkutan umum sering berhenti di pinggir jalan dekat persimpangan tersebut.

Dalam studi literatur, penulis menggunakan Metode Analisa Kapasitas Simpang yang mengacu pada *Indonesian Highway Capacity Manual* (IHCM 1997). Dan untuk analisa tingkat pelayanan simpang mengacu pada *Highway Capacity Manual* (HCM 1985).

Adapun data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Waktu Sinyal
- Pengaturan Lalu Lintas (*traffic control*)
- Jumlah kendaraan yang melewati persimpangan pada saat hijau untuk masing-masing arah pergerakan pada setiap jalur approach menurut jenis kendaraan masing-masing setiap satu siklus
- Jumlah dan lebar jalur approach
- Tipe Lingkungan
- Gangguan samping
- Median (pemisah jalur)

Pengolahan data dilakukan untuk memperoleh:

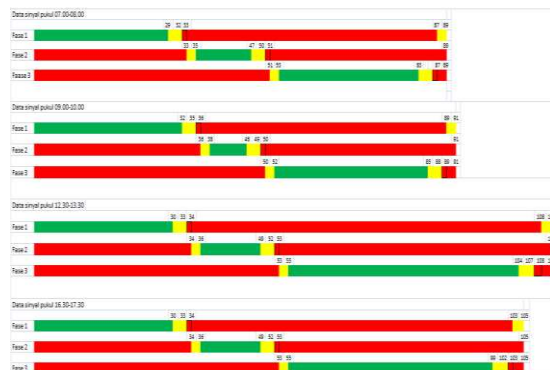
- Kapasitas dan Tingkat Kejenuhan
- Tundaan Rata-Rata (kinerja lalu lintas persimpangan)
- Tingkat Pelayanan Simpang

HASIL PENELITIAN

Survey lapangan dilaksanakan pada tanggal 02 – 07 Juli 2012, dan hanya pada jam-jam sibuk saja, pada jam 07.00 s/d 10.00, 12.00 s/d 14.00 dan 16.00 s/d 19.00. Jenis lampu lalu lintas pada persimpangan tersebut adalah *Semiactuated Operations (Semiactuated signal)*, dengan panjang waktu siklus dan panjang fase yang berubah-ubah setiap 4 jam. Oleh karena itu dalam perencanaan terdapat 4 kali jam puncak yang digunakan dalam perhitungan yaitu berada pada pukul 07.00-08.00; 09.00-10.00; 12.30-13.30 dan 16.30-17.30.

Tabel 3. Hasil Pengolahan Data Kondisi Operasional

Jam Puncak	Fase	Waktu Hijau (g) (detik)	Intergreen			Waktu Merah (detik)	Waktu Siklus (c) (detik)	Delay (dtk/smp)	LOS
			Kuning	All Red	Kuning				
07.00-08.00	1	29	2	1	3	55	89	27,11	D
	2	12	2	1	3	72	89		
	3	30	2	1	3	54	89		
09.00-10.00	1	32	2	1	3	54	91	29,06	D
	2	8	2	1	3	78	91		
	3	33	2	1	3	53	91		
12.30-13.30	1	30	2	1	3	75	110	34,13	D
	2	13	2	1	3	92	110		
	3	49	2	1	3	56	110		
16.30-17.30	1	30	2	1	3	70	105	39,59	D
	2	13	2	1	3	87	105		
	3	44	2	1	3	56	105		



Gambar 1. Urutan Fase Sinyal Kondisi Operasional

Tabel 4. Hasil Pengolahan Data Pola Alternatif Solusi

a. alternatif 1

Jam Puncak	Fase	Waktu Hijau	Intergreen		Waktu Merah	Waktu Siklus	Delay (dtk/smp)	LOS
		(g) (detik)	Waktu Kuning	All Red	(detik)	(c) (detik)		
07.00-08.00	1	10	3	2	24	39	15,45	C
	2	5	2	2	30	39		
	3	10	2	2	25	39		
09.00-10.00	1	14	3	2	33	52	24,98	C
	2	11	2	2	37	52		
	3	14	2	2	34	52		
12.30-13.30	1	18	3	2	50	73	36,33	D
	2	16	2	2	53	73		
	3	27	2	2	42	73		
16.30-17.30	1	27	3	2	68	100	47,72	E
	2	20	2	2	76	100		
	3	40	2	2	56	100		



Gambar 4.6 Urutan Fase Sinyal Alternatif 1

b. alternatif 2

Jam Puncak	Fase	Waktu Hijau	Intergreen		Waktu Merah	Waktu Siklus	Delay (dik/smp)	LOS
		(g) (detik)	Waktu Kuning	All Red	(detik)	(c) (detik)		
07.00-08.00	1	10	3	2	22	37	15,55	C
	2	3	2	2	30	37		
	3	11	2	2	22	37		
09.00-10.00	1	13	3	2	26	44	19,54	C
	2	4	2	2	36	44		
	3	14	2	2	26	44		
12.30-13.30	1	15	3	2	36	56	25,74	D
	2	5	2	2	47	56		
	3	23	2	2	29	56		
16.30-17.30	1	24	3	2	59	88	39,92	D
	2	6	2	2	78	88		
	3	45	2	2	39	88		



Gambar 4.7 Urutan Fase Sinyal Alternatif 2

c. alternatif 3

Jam Puncak	Fase	Waktu Hijau	Intergreen		Waktu Merah	Waktu Siklus	Delay	LOS
		(g) (detik)	Waktu Kuning	All Red	(detik)	(c) (detik)	(dtk/smp)	
07.00-08.00	1	7	3	2	22	34	14,600	B
	2	3	2	2	27	34		
	3	11	2	2	19	34		
09.00-10.00	1	9	3	2	26	40	17,61	C
	2	4	2	2	32	40		
	3	14	2	2	22	40		
12.30-13.30	1	11	3	2	30	46	20,76	C
	2	5	2	2	37	46		
	3	17	2	2	25	46		
16.30-17.30	1	17	3	2	41	63	28,53	D
	2	5	2	2	54	63		
	3	28	2	2	31	63		



Gambar 4.8 Urutan Fase Sinyal Alternatif 3

d. alternatif 4

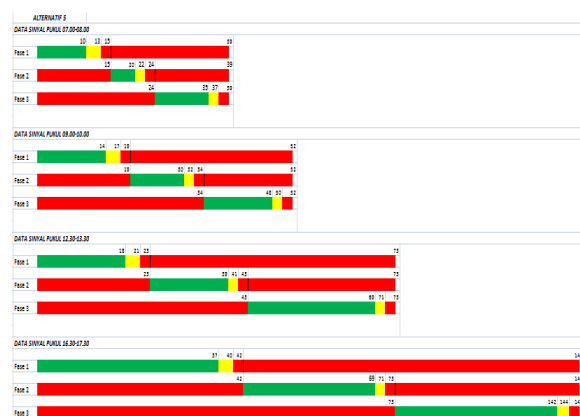
Jam Puncak	Fase	Waktu Hijau (g) (detik)	Intergreen		Waktu Merah (detik)	Waktu Siklus (c) (detik)	Delay (dik/smp)	LOS
			Waktu Kuning	All Red				
07.00-08.00	1	10	3	2	22	37	15,55	C
	2	3	2	2	30	37		
	3	11	2	2	22	37		
09.00-10.00	1	13	3	2	26	44	19,54	C
	2	4	2	2	36	44		
	3	14	2	2	26	44		
12.30-13.30	1	15	3	2	36	56	25,74	D
	2	5	2	2	47	56		
	3	23	2	2	29	56		
16.30-17.30	1	24	3	2	59	88	26,93	D
	2	6	2	2	78	88		
	3	45	2	2	39	88		



Gambar 4.9 Urutan Fase Sinyal Alternatif 4

e. alternatif 5

Jam Puncak	Fase	Waktu Hijau (g) (detik)	Intergreen		Waktu Merah (detik)	Waktu Siklus (c) (detik)	Delay (dik/smp)	LOS
			Waktu Kuning	All Red				
07.00-08.00	1	10	3	2	24	39	17,45	C
	2	5	2	2	30	39		
	3	11	2	2	24	39		
09.00-10.00	1	14	3	2	33	52	24,98	C
	2	11	2	2	37	52		
	3	14	2	2	34	52		
12.30-13.30	1	18	3	2	50	73	36,33	D
	2	16	2	2	53	73		
	3	26	2	2	43	73		
16.30-17.30	1	37	3	2	104	146	70,1	F
	2	27	2	2	115	146		
	3	69	2	2	73	146		



Gambar 4.10 Urutan Fase Sinyal Alternatif 5

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisa persimpangan Jl. Piere Tendean – Jl. Sam Ratulangi Manado diperoleh kinerja dan tingkat pelayanan persimpangan adalah sebagai berikut:

1. Untuk kondisi operasional didapat kapasitas dan tingkat pelayanan pada masing-masing *approach* pada setiap jam puncak adalah:

- Pada pukul 07.00-08.00 untuk *approach* Timur Laut : 346 smp/jam, DS = 0,2983; Tenggara : 55 smp/jam, DS = 0,2983; Barat Daya : 332 smp/jam, DS = 0,4364; dengan total tundaan rata-rata 27,11 detik dan berada pada tingkat pelayanan D.
- Pada pukul 09.00-10.00, kapasitas untuk *approach* Timur Laut : 459 smp/jam, DS = 0,3669; Tenggara : 82 smp/jam, DS = 0,7081; Barat Daya : 439 smp/jam, DS = 0,5385 dengan total tundaan rata-rata 29,06 detik dan berada pada tingkat pelayanan D.
- Pada pukul 12.30-13.30, kapasitas untuk *approach* Timur Laut : 543 smp/jam, DS = 0,5594; Tenggara : 89 smp/jam, DS = 0,5686; Barat Daya : 555 smp/jam, DS = 0,5565 dengan total tundaan rata-rata 34,13 detik dan berada pada tingkat pelayanan D.
- Pada pukul 16.30-17.30, kapasitas untuk *approach* Timur Laut : 724 smp/jam, DS = 0,7121; Tenggara : 79 smp/jam, DS = 0,4873; Barat Daya : 797 smp/jam, DS = 0,8349 dengan total tundaan rata-rata 39,59 detik dan berada pada tingkat pelayanan D.

2. Pola gerakan alternatif dan pengontrolan yang dianalisa mendapatkan hasil terbaik pada alternatif 3 dengan kapasitas dan tingkat pelayanan pada setiap jam puncak yaitu:

- Pada pukul 07.00-08.00 untuk *approach* Timur Laut : 346 smp/jam, DS = 0,4623; Tenggara : 55 smp/jam, DS = 0,4623; Barat Daya : 332 smp/jam, DS = 0,4623; dengan total tundaan rata-rata 14,60 detik dan berada pada tingkat pelayanan B;
- Pada pukul 09.00-10.00 untuk *approach* Timur Laut : 459 smp/jam, DS =

0,5731; Tenggara : 82 smp/jam, DS = 0,5731; Barat Daya : 439 smp/jam, DS = 0,5731 dengan total tundaan rata-rata 17,61 detik dan berada pada tingkat pelayanan C;

- Pada pukul 12.30-13.30 untuk *approach* Timur Laut : 543 smp/jam, DS = 0,6517; Tenggara : 89 smp/jam, DS = 0,6517; Barat Daya : 555 smp/jam, DS = 0,6517 dengan total tundaan rata-rata 20,76 detik dan berada pada tingkat pelayanan C; dan
- Pada pukul 16.30-17.30 untuk *approach* Timur Laut : 724 smp/jam, DS = 0,7719; Tenggara : 79 smp/jam, DS = 0,7719; Barat Daya : 797 smp/jam, DS = 0,7719 dengan total tundaan rata-rata 28,53 detik dan berada pada tingkat pelayanan D.

Saran

Agar supaya persimpangan Jl. Piere Tendean – Jl. Sam Ratulangi Manado mampu menampung arus lalu lintas yang ada serta dapat memberikan pelayanan yang terbaik maka diusulkan beberapa solusi alternatif seperti berikut ini:

- Penambahan lebar W_{Exit} pada lengan pendekat TL agar lebar W_{Entry} pada pendekat ini semakin berkurang dan juga akan mengurangi jumlah kendaraan yang masuk ke persimpangan melalui pendekat ini.
- Pengurangan gangguan samping seperti tempat naik turun penumpang khususnya untuk kendaraan umum harus jauh dari area persimpangan.
- Merubah waktu siklus lampu lalu lintas yang ada pada saat ini menjadi lebih singkat dan juga dapat dilakukan dengan penambahan rambu-rambu lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Angkow E. Maria, 2004. *Optimasi Kapasitas Persimpangan Wanea Di Kota Manado dengan Metode IHCM 1997*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Hobs F. D, 1995. *Perencanaan dan Teknik Lalu Lintas*. Penerjemahan Suprpto dan Waldjono. Penerbit Gajah Mada University Press.
- Rotinsulu O. Robby, 2000. *Optimasi Kapasitas Persimpangan Bersinyal Pada Persimpangan Jalan Sam Ratulangi-Jalan Babe Palar Menggunakan Metode MKJI 1997*. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- , *Highway Capacity Manual, Special Report* 209, 1985, Transportation Research Board, National Research Council Washington D. C.
- , *Indonesian Highway Capacity Manual*, 1997, Directorate General BinaMarga